doi 10.3969/j.issn.1673-4254.2016.02.13 J South Med Univ, 2016, 36(2): 220-225

临床研究

基于3D打印的腹直肌旁切口治疗骨盆骨折的临床疗效

曾参军[1,2],谭新宇[1],黄华军[1],黄伟奇[1],李 涛[1],金大地[1],张国栋[2],黄文华[2]
[1]南方医科大学第三附属医院//广东省骨科研究院骨科,广东 广州 510630;[2]南方医科大学基础医学院解剖教研室//广东省生物力学重点实验室,广东 广州 510515

摘要:目的 探讨骨盆骨折患者术前采用3D打印仿真骨盆模型体外模拟手术后应用腹直肌旁切口钢板内固定治疗的临床疗效。**方法** 回顾性分析2013年9月~2015年6月适合于前内侧钢板内固定术的骨盆骨折患者资料50例,术前先将患者骨盆CT薄层扫描数据用DICOM格式导入Mimics软件进行三维重建、虚拟复位骨折、虚拟内固定设计,采用3D技术打印出患者虚拟复位后的仿真骨盆模型,并按照虚拟内固定设计方案进行钢板螺钉最佳位置设计、钢板预弯、螺钉长度测量、螺钉进入途径设计等一系列术前模拟内固定,然后现实手术行腹直肌旁切口腹膜外间隙复位骨折、钢板内固定术。术后采用Matta标准评价骨折复位情况,术后半年采用Majeed评分标准功能评定。**结果** 采用Matta标准评价骨折复位情况优良率96%。采用Majeed评分标准功能评定优良率为94%。术后影像评估内固定与术前模拟内固定基本一致,无1例螺钉进入髋关节腔。平均手术时间127 min。平均术中出血量728 mL。平均手术切口长度8.4 cm。术后疼痛评分(VAS):12例重度疼痛,28例中度疼痛,10例轻度疼痛。术后可早期功能锻炼。所有患者均临床愈合,临床愈合时间平均8周。**结论** 3D打印技术体外模拟内固定可使手术更加精准、安全、完美。术前模拟内固定钢板预弯、螺钉数据测量缩短了手术时间。腹直肌旁切口具有微创特点,手术创伤小、切口小、出血少、术后疼痛轻、术中暴露好、骨折复位好、可早期下地功能锻炼,临床愈合快,值得临床推广。

关键词:3D打印;微创;骨盆骨折;内固定

Clincial effect of 3D printing-assisted minimal invasive surgery through a small incision lateral to the rectus abdominis for pelvic fracture

ZENG Canjun[1,2], TAN Xinyu[1], HUANG Huajun[1], HUANG Weiqi[1], LI Tao[1], JIN Dadi[1], ZHANG Guodong[2], HUANG Wenhua[2]
[1]Department of Orthopedics, Third Affiliated Hospital of Southern Medical University/Academy of Orthopedics of Guangdong Province, Guangzhou 510630, China; [2]Department of Anatomy, Guangdong Provincial Key laboratory of Medical Biomechanics, School of Basic Medicine Science, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: Objective To evaluate the clinical effect of 3D printing-assisted minimal invasive surgery on pelvic fracture by plate internal fixation through a small incision lateral to the rectus abdominis. **Methods** This retrospective study was conducted among 50 patients with pelvic fracture undergoing anteromedial plate internal fixation between September, 2013 and June, 2015. Thin-layer computed tomography scan data of the patients were input into Mimics software in DICOM format for 3D editing and virtual surgery before the operation. The pelvic model was created by 3D printing. Simulated operation was performed to design the optimum location of the plate screw, prelflex of the plate, screw length measurement and screwing approach. Diaplasis and internal fixation were performed through the extraperitoneal space with a small incision lateral to the rectus abdominis. Matta standard was employed for diaplasis evaluation, and Majeed assessment was used for function evaluation 6 months after the operation. **Results** According to Matta standard, excellent and good diaplases were achieved in 96% of the cases, as compared with 94% according to Majeed assessment. Radiographic examination showed a good consistency between the internal fixation and simulated operation. No screw entry into the hip joint cavity occurred in these cases. The mean operation time was 127 min in these cases with a mean intraoperative blood loss of 728 mL and a mean incision length of 8.4 cm. Based on the postoperative VAS score, 12 patients reported severe pain, 28 reported moderate pain and 10 reported mild pain. All the patients were advised for early functional exercise after the operation and clinical healing was achieved in a mean of 8 weeks. **Conclusions** 3D printing with simulated operation can improve the accuracy and safety of the operation. Preoperative simulation of plate preflex and screw length measurement can shorten the operation time. A small incision lateral to the rectus abdominis allows minimally invasive operation for pelvic fractures.
Key words: 3D printing; minimal invasive; pelvic fracture; internal fixation

收稿日期:2015-12-19
基金项目:广东省科技计划项目(2014B090901055,2014A020212176,2015B010125005);天河区科技计划项目(201404KW025)
作者简介:曾参军,主任医师, E-mail: zengcanjun@163.com
通信作者:黄文华,教授,博士生导师,E-mail: huangwenhua2009@139.com

骨盆骨折手术治疗创伤大、出血多、康复周期长,并且解剖复杂、骨折位置深、比邻重要血管神经。对于不稳定型骨盆骨折主张在血液循环稳定、无手术禁忌证的情况下应采取积极的手术治疗,以提高治疗效果[1]。但是,骨盆骨折手术要求高、手术难度大,术中依靠经验植入钢板位置并非最佳、甚至植入螺钉误入关节、无法兼

顾复杂骨折块、术中重建钢板预弯难以敷贴并且耗时。微创是目前治疗骨盆骨折的趋势，如何微创复位、手术入路的改良和优化、以及各种辅助手段的应用(计算机导航、数字骨科虚拟手术辅助等)对于骨科医师是一巨大挑战。内固定的质量、手术创伤的程度及并发症的预防是运用复位内固定术治疗骨盆骨折的关键[2]。笔者应用数字骨科Mimics软件进行三维重建、复位骨折、虚拟内固定，采用3D打印技术术前打印虚拟复位后患者的仿真骨盆模型并在体外模拟内固定，再进行骨盆骨折手术入路的改良，应用腹直肌旁切口现实手术50例骨盆骨折患者，获得了良好的治疗效果，现报道如下：

1 资料和方法

1.1 一般资料

2013年9月~2015年6月，笔者主刀手术治疗50例患者，男性35例，女性15例；年龄17~75岁，平均36岁；车祸伤32例，高处坠落伤18例。骨盆骨折按Tile[3]分型：A2型2例，B1型12例，B2型14例，B3型2，C1型13例，C2型5例，C3型2例。其中合并尿道损伤8例，腹腔脏器损伤7例，阴道肛门损伤1例，肾挫裂伤1例，股骨干骨折5例，胫腓骨骨折7例，合并神经损伤4例，并发休克11例。所有患者手术前均行骨盆前后位、入口位、出口位X线片及骨盆CT薄层扫描、三维重建检查。

1.2 Mimics软件虚拟内固定

将患者骨盆0.5 mm薄层CT扫描，将扫描图像软组织窗用DICOM格式保存，导入Mimics软件进行三维重建、虚拟骨折复位，基于多平面三维测量的内固定植入物位置优化设计、确定预定植入重建钢板的最佳位置、螺钉植入最佳位置及方向、螺钉长度数据测量(图1)。

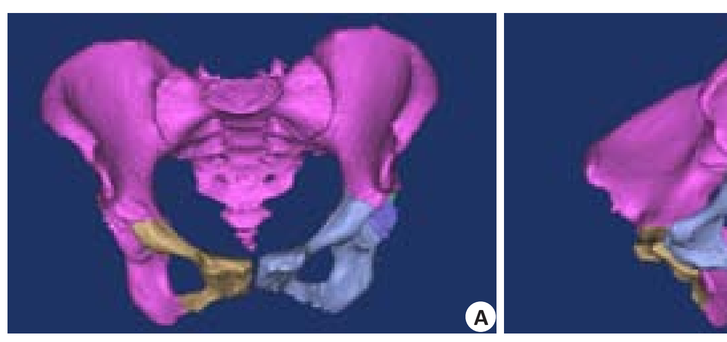


图1 术前数字骨科虚拟手术复位

Fig.1 Preoperative digital virtual diaplasis. *A*: Positive position of the pelvis; *B*: Acetabular position of the pelvis.

1.3 3D打印骨折模型体外模拟内固定

将Mimics软件三维重建虚拟复位后的骨盆骨折模型用STL格式输入到3D打印机实施打印，打印出患者虚拟复位后的仿真骨盆模型(图2)，在体外将植入患者体内的钢板进行预弯，置入Mimics软件虚拟内固定设计的最佳位置，并根据虚拟内固定的最佳螺钉植入方向、测量的螺钉长度数据在3D打印模型上进行体外模拟内固定，记录每颗螺钉的数据以便在术中应用。

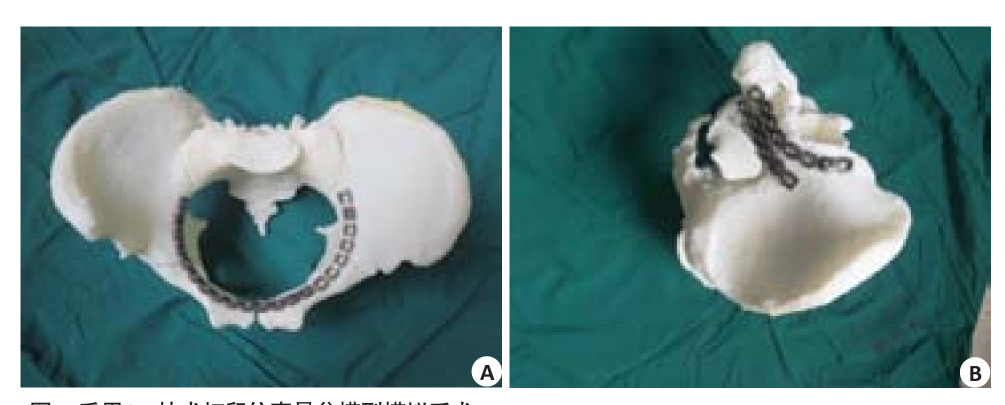


图2 采用3D技术打印仿真骨盆模型模拟手术

Fig.2 Simulated operation using the 3D printed pelvic model. *A*: Pre-bent plates on the pelvis; *B*: Pre-bent plates on the left column of the acetabular.

1.4 手术经过

1.4.1 术前准备 所有患者均在伤后5~10 d待血流动力学稳定后行腹直肌旁切口切开复位重建钢板内固定术，同时在这段时间内行术前准备骨盆CT薄层扫描、Mimics软件三维重建、虚拟骨折复位、虚拟内固定、3D打印虚拟复位后的仿真骨盆、术前1 d叫器械重建钢板预弯、模拟内固定及螺钉数据的测量，将预弯好的钢板及3D骨盆模型消毒。术前患者清洁灌肠2次，采用全身麻醉或腰硬联合麻醉，仰卧位，术者站于骨折对侧。

1.4.2 切口入路 患者均采用腹直肌旁入路[4]长约5~14 cm(其中包括双腹直肌旁切口，皮肤下腹弧形皮下腹直肌旁切口)，皮肤切口位于患侧麦氏点至髂前上棘与耻骨联合中内1/3交点连线上(下腹皮纹弧形切口)，切开皮肤皮下、腹外斜肌腱膜、腹直肌前鞘从腹直肌外侧缘分离显露腹横筋膜，于腹横筋膜下进入腹膜外间隙，防止损伤壁层腹膜和腹壁下血管，连同腹膜外脂肪向内推开腹膜，向头侧、内侧轻柔牵拉，以便于进一步分离腹膜外间隙。辨认髂外动脉和静脉，游离血管束，套橡胶圈，以安全地牵开(图3)。

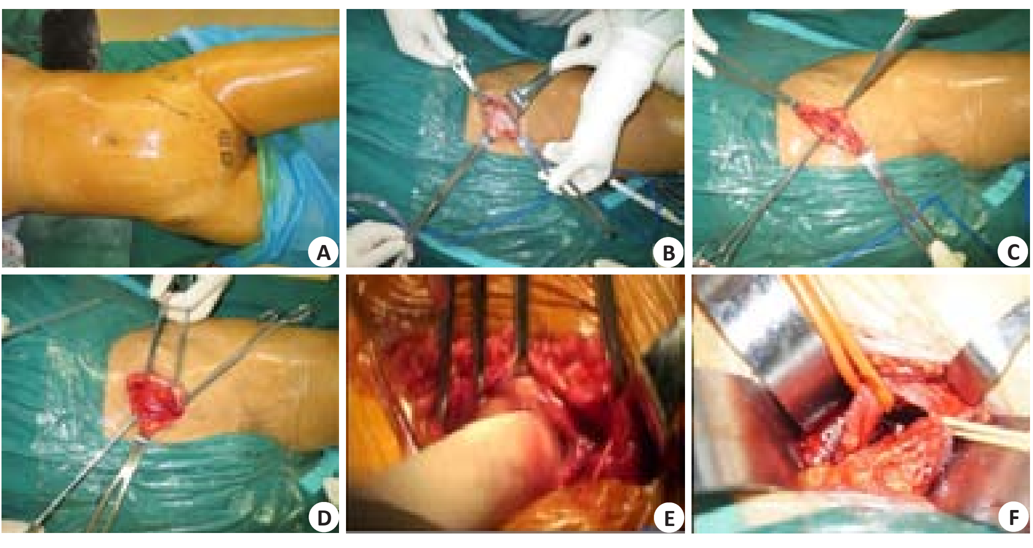


图3 手术入路

Fig.3 Surgical procedures. *A*: Skin incision; *B*: Subcutaneous incision; *C*: Incising the external oblique aponeurosis; *D*: Incising the sheath of the rectus abdominis; *E*: Pulling of the peritoneum; *F*: Dissociation of the blood vessels under the fascia transversalis.

1.4.3 显露"窗口" 用"S"拉钩向外拉开腹内斜肌和腹横肌至髂嵴止点处暴露"第一窗"，注意保护髂腹股沟神经、股神经、股外侧皮神经和生殖股神经，以及阴部内血管。从髂嵴髋骨上剥离少许髂肌，以显露髂嵴、髂骨翼内侧面，于髂嵴内侧面放置术前已设计及预弯钢板(图4A、B)。向深部解剖暴露"第二窗"，位于髂腰肌和髂外血管之间，向内侧牵开髂外血管可显露坐骨大切迹至骶髂关节前方，切开髂耻筋膜、向外牵开髂腰肌可显露前方的耻骨上支起始部、髂耻隆起、坐骨大切迹、骶髂关节前方，于骶髂关节及真骨盆处放置钢板(图4C、D)。向前方分离推开腹膜解剖，保护腹壁下血管和男性精索或女性圆韧带，将髂外血管拉向外侧，男性精索或女性子宫圆韧带拉向内侧暴露"第三窗"，切开髂耻筋膜，部分剥离耻骨肌并牵向外侧，以显露耻骨上支和髂耻隆起，辨别、结扎和离断腹壁下动脉或髂外血管与闭孔血管之间的吻合支(死亡冠)，以安全放置钢板。将男性精索或女性子宫圆韧带拉向外，腹直肌拉向内侧，解剖膀胱前间隙暴露"第四窗"，腹直肌止点位于耻骨结节上前方，不切断腹直肌止点，将腹直肌向前拉开可暴露耻骨结节及耻骨联合甚至对侧的耻骨结节内侧面。至此，从耻骨联合、耻骨上支、髂耻隆起、坐骨大切迹到骶髂关节前方都暴露完毕，复位骨折，可于此处放置已预弯好的钢板进行固定(图5)。有四边体骨折者可暴露"第五窗"，真骨盆自前方显露，始于显露闭孔神经和血管，从上方置一钝性拉钩，直至坐骨切迹，以向内牵拉膀胱和闭孔神经血管结构，从四边体上向后剥离闭孔内肌至坐骨棘，从坐骨缘可安全解剖至骶髂关节前方，从骶髂关节继续向内侧和尾侧，可显露髂血管和腰丛的分叉，可直视下放置复位钳复位四边体骨折块，置入术前模拟内固定钢板置入的最佳位置和螺钉置入的最佳方向。确定螺钉置入的安全区或绝对和相对危险区，按虚拟、模拟内固定方案进行操作，以避免螺钉穿入髋关节。

2 结果

50例患者均获随访，随访时间6~18个月，平均9个月，骨折均临床愈合，临床愈合时间6~12周(平均8

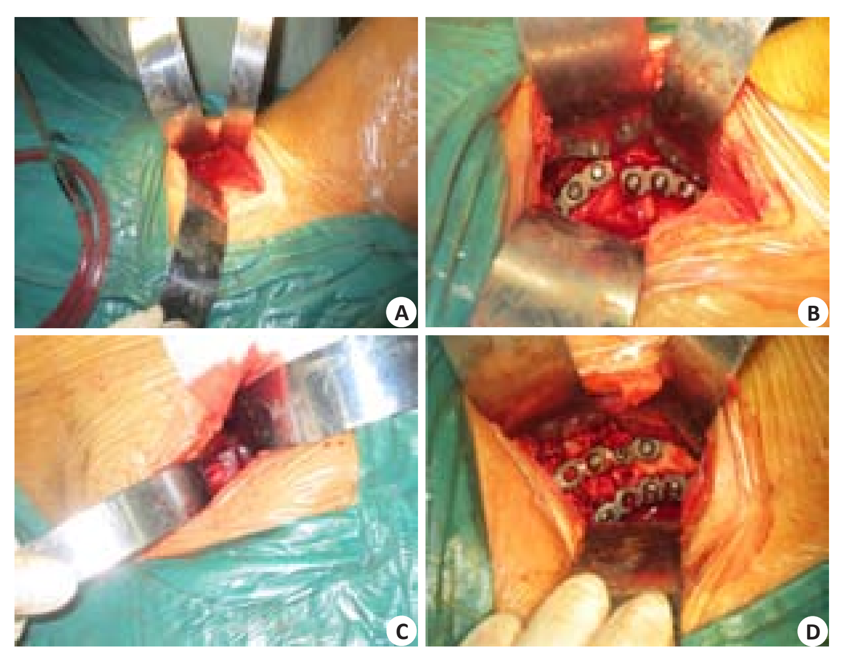


图4 暴露"第一窗","第二窗"放置钢板

Fig.4 Exposure of the first, second window for plate placement. *A*: First-window exposure; *B*: Plate placement in the first window; *C*: Second window exposure; *D*: Plate placement in the second window.

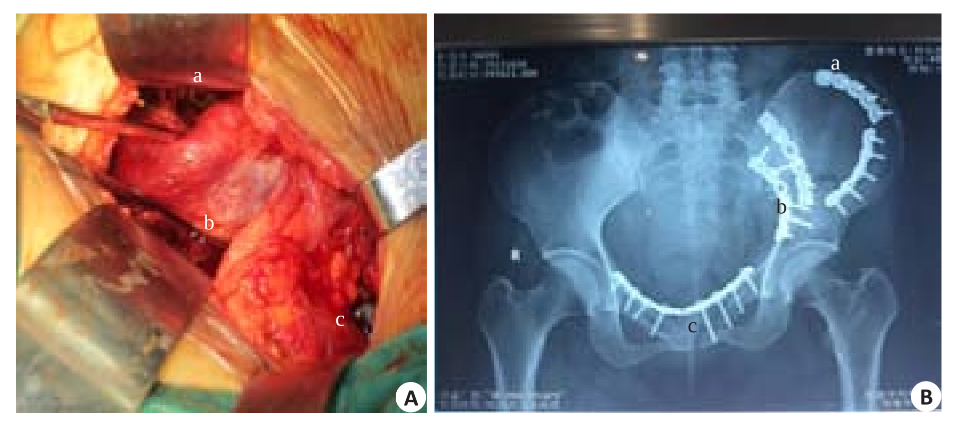


图5 暴露"第一窗""第二窗""第四窗"放置钢板

Fig.5 Exposure of the first, second and fourth window for plate placement. a: Plates on crista iliaca; b: plates on sacroiliac joint; c: pubic symphysis.

周)。采用Matta[5]标准评价骨折复位情况,优35例,良13例,可2例,优良率96%。术后半年采用Majeed[6]评分标准进行功能评定,优37例,良10例,可3例,优良率为94%。术后影像评估内固定与术前模拟手术基本一致,无1例螺钉进入髋关节腔(典型病例见图6)。手术时间35~315 min(平均127 min)。术中出血量50~2800 mL(平均728 mL)。手术切口5~14 cm(平均8.4 cm)。术后1例腹部皮下脂肪液化,经换药后12 d愈合。术后12 h切口疼痛按视觉模拟评分(VAS):12例重度疼痛(7~10分),28例中度疼痛(4~6分),10例轻度疼痛(1~3)。术后当天可翻身,第2天臀部能抬离床面,第3天可抬腿,第4~15天(平均7 d)扶拐下地(患侧不负重)。

3 讨论

3.1 计算机数字化设计虚拟内固定

计算机数字化虚拟仿真内固定可以再现手术方式及过程[7]。有学者应用数字医学技术通过三维重建模型进行骨折复位、内固定模拟操作提高了手术的成功率[8]。将原始数据用DICOM格式导入Mimics软件进行三维重建、骨折块的分割、虚拟骨折复位,基于多平面三维测量的内固定植入物位置优化设计[9],确定预定植入重建钢板的长度及最佳位置、螺钉植入最佳位置及方向、螺钉长度数据测量。这种基于计算机数字化设计的虚拟内固定个性化治疗做到了内固定设计精准、完美。避免螺钉错误进入髋臼内造成灾难性后果,同时对主要骨折



图6 患者手术前后骨盆影像学比较

Fig.6 Radiographic comparison of the pelvis before (*A*) and after (*B*) the surgery.

块都能兼顾、固定稳定。

3.2 3D打印模型体外模拟内固定

3D打印技术为快速成型技术的一种，快速成型技术制备的骨折模型使骨折伤情更直观，可根据骨折模型制定手术方案，并可对内固定钢板进行预先塑形[10]。Hurson等[11]将3D技术应用于20例髋臼骨折患者，认为该技术可使医生对骨折类型更加清晰，有利于培训年轻医师。应用3D打印模型在体外将植入患者体内的钢板进行预弯，置入Mimics软件虚拟内固定的最佳位置，并根据虚拟内固定的最佳螺钉植入方向、测量的螺钉长度数据在3D打印模型进行体外模拟内固定，记录每颗螺钉的数据以便在术中应用。从计算机虚拟内固定到3D打印的骨折模型模拟内固定可以充分证实虚拟内固定的准确性，术者体外操练做到术中得心应手从而减少术中误差。按照计算机虚拟内固定优化的钢板最佳位置在3D打印模型上进行钢板精确预弯，术者在手术中可轻易找到一个而且只有一个位置使得优化精确的预弯钢板与虚拟内固定钢板最佳位置完全吻合，这种唯一性是确定实现完美手术的保证。并且术前精确预弯钢板大大的减少手术中间反复预弯钢板的时间，模拟内固定记录了每颗螺钉的长度术中也节约了测量螺钉长度的时间，这样明显缩短了手术时间，特别是应用多块钢板时显得尤为突出。模拟内固定精确钢板预弯也提高了重建钢板预弯后与骨面的敷贴程度，实现更好的生物力学性能，同时也防止因钢板与骨面不贴螺钉加压造成的已复位的骨折块移位，并且还可引导骨折复位。在复杂骨折移位难以复位时，可以利用精确预弯好的重建钢板达到优化骨折复位。3D打印仿真模型还有利于与患者进行沟通，降低医疗风险。

3.3 腹直肌旁切口内固定骨盆髋臼骨折的优缺点

骨盆骨折前方手术入路有髂腹股沟入路[12]和改良Stoppa入路[13-14]。髂腹股沟入路[12]不能很好的显露骶骨骨折及髋臼臼顶的压缩骨折，致使术中不能对骶骨骨折的复位及内固定，易损伤股外侧皮神经18%[15]、髋内收无力26%[16]、术后疝形成2%[13]、术中需要切断肌肉在髂嵴上的附着点、剥离髂肌，损伤大、出血多、关闭伤口时间长、容易感染等并发症。改良Stoppa入路[13-14]治疗骨盆髋臼骨折时也有操作时复位困难、不能显露髂骨翼骨折、需要辅助髂窝入路、切断腹直肌止点、损伤膀胱等不足[17]。Keel等[4]腹直肌旁入路的解剖研究将此入路分为"五个窗"。相对前方骨盆髋臼入路而言，腹直肌旁入路具有以下优点：(1)皮肤切口相对较短，从肌、腹膜外间隙进入，符合微创手术观念；(2)具有显露满意，可显露同侧骶髂关节、腰骶神经、髂嵴、坐骨大切迹、髂耻隆起、四边体，切口向耻骨结节延长从外可暴露耻骨上支、耻骨联合、坐骨缘，可处理四边体和髋臼后柱骨折，有利于螺钉的准确置入；(3)无需解剖腹股沟管，避免腹股沟疝；(4)损伤小，术中无需切断肌肉、无需剥离髂肌；(5)

关闭伤口时间短，仅需缝合腹直肌鞘和腹外斜肌腱膜，即可关闭伤口；(6)无神经牵拉伤、出血少、感染率低等优点。缺点据文献报道有约32%的病例在显露过程中穿透腹膜[18]。

总之，数字骨科三维编辑、虚拟复位、虚拟内固定，3D打印虚拟复位后的仿真骨盆模型体外模拟内固定可使手术更加精准、安全、完美。腹直肌旁切口钢板内固定骨盆骨折治疗减少了出血量，降低患者痛苦，缩短患者康复周期，使患者早日重返工作岗位，从而减少住院天数，降低医疗成本。

参考文献：

[1] Bastian JD, AnsorgeA, TomagraS, et al. Anterior fixation of unstable pelvic ring fractures using the modified Stoppaapproach:mid-term results are independent on patients'age[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2015, 12. Epub ahead of print.

[2] Briffa N, Pearce R, Hill AM, et al. Outcomes of acetabular fracture fixation with ten years' follow-up[J]. J Bone Joint Surg Br, 2011, 93B(2): 229-36.

[3] Tile M. Pelvic ring fractures: should they be fixed[J]. J Bone Joint Surg Br, 1988, 70(1): 1-12.

[4] Keel MJ, Ecker TM, Cullmann JL, et al. Thepararectus approach for anterior intrapelvic management of acetabular fractures[J]. J Bone Joint Surg Br, 2012, 94(3): 405-11.

[5] Matta JM, Dickson KF, Markovich GD. Surgical treatment of pelvic nonunions and malunions[J]. Clin Orthop Relat Res, 1996(329): 199-206.

[6] Majeed SA. Grading the outcome of pelvic fracture[J]. J Bone Joint Surg Br, 1989, 71(2): 304-6.

[7] 张元智, 陆 声, 赵建民, 等. 数字化技术在骨科的临床应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2011, 13(12): 1161-5.

[8] 宋 军, 梅益彰, 吴增城, 等. 复杂髋臼骨折复位及内固定的数字技术模拟研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2013, 31(4): 393-6.

[9] 张国栋, 林海滨, 陈宣煌, 等. 基于多平面三维测量的髋臼骨折数字化内固定植入方案[J/CD]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2012, 6(8): 2010-5.

[10] 孟国林, 刘 建, 胡蕴玉, 等. 快速成型模型在制定胫骨平台复杂骨折手术方案中的指导作用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2011, 13(12): 1135-8.

[11] Hurson C, Tansey A, O'donnchadha B, et al. Rapid prototyping in the assessment, classification and preoperative planning of acetabular fractures[J]. Injury, 2007, 38(10): 1158-62.

[12] MardianS, SchaserKD, HinzP, et al. Fixation of acetabular fractures via the the ilioinguinal versuspararectus approach: a direct comparison[J]. Bone Joint J, 2015, 97(9): 1271-8.

[13] Kim HY, YangDS, ParkCK, et al. Modified stoppa approach for surgical treatment of acetabular fracture [J]. Clin Orthop Surg, 2015, 7(1): 29-38.

[14] Isaacson MJ, Taylor BC, French BG, et al. Treatment of acetabulum fractures through the modified stoppa approach: strategies and outcomes[J]. Clin Orthop Relat Res, 2014, 472(11): 3345-52.

[15] Helfet DL, Gj S. Management of complex acetabular fractures through singlenonextensileexposures[J]. Clin Orthop Relat Res, 1994(305): 58-68.

[16] Sagi HC, Afsari A, Dziadosz D. The anterior Intra-Pelvic (modified Rives-Stoppa) approach for fixation of acetabular fractures[J]. J Orthop Trauma, 2010, 24(5): 263-70.

[17] 陈晓东, 崔一民, 沈 超. Stoppa入路在髋臼骨折中的应用[J]. 中华骨科杂志, 2011, 31(11): 52.

[18] Ponsen KJ, Joosse P, Schigt A, et al. Internal fracture fixation using the Stoppa approach in pelvic ring and acetabular fractures: Technical aspects and operative results[J]. J Trauma, 2006, 61(3): 662-7.

（编辑：孙昌朋）